



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11191522 A**

(43) Date of publication of application: 13.07.99

(51) Int. Cl. **H01L 21/027**

(21) Application number: 09247500

(22) Date of filing: 29.08.97

(71) Applicant: **CANON INC**

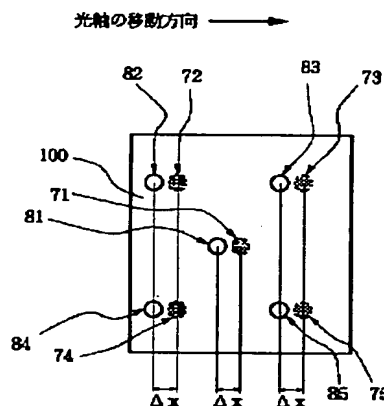
(72) Inventor: YAMADA YUICHI  
KAWAHARA ATSUSHI

#### (54) METHOD AND APPARATUS FOR EXPOSURE

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a method and an apparatus in which position and inclination on the surface of a substrate are detected and corrected, by a method wherein a first focus offset and a second focus offset are found, and a face to be exposed is focused to a focal plane by a result which is obtained in such a way that a measured value measured during a movement at every exposure shot is corrected by using the second focus offset

**SOLUTION:** An error (a first focus offset) which depends on a step inside a chip in an exposure operation is found in advance by a detector. In addition, an error (a second focus offset) which depends on a step inside the chip in every shot or on the deformation of a body structure is found in advance in order to measure a focus during a movement. In an exposure sequence, a prescribed shot is focused to the focal plane of a projection optical system by a result which is obtained in such a way that measured values in during-a- movement measuring points 81 to 85 are corrected by using the second focus offset. As a result, a change in the offset with reproducibility during a movement can be sampled at a prescribed timing, and the correction of a focus can be started in a sure position.



(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 21/027

識別記号

F I

H 0 1 L 21/30

5 2 6 B

審査請求 未請求 請求項の数20 F D (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願平9-247500

(22) 出願日 平成9年(1997) 8月29日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 山田 雄一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72) 発明者 河原 淳

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

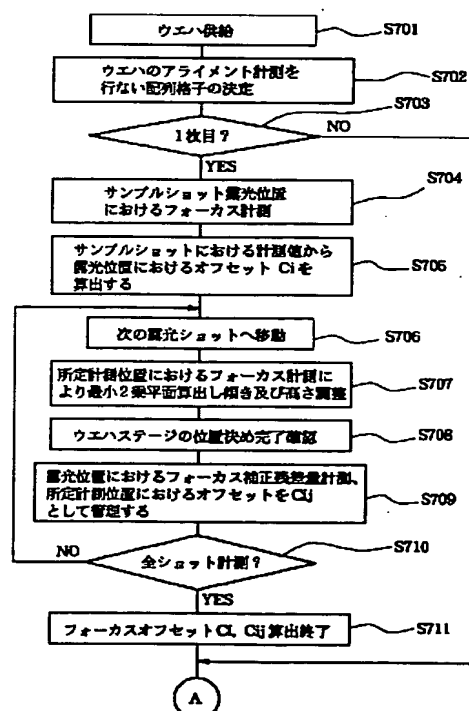
(74) 代理人 弁理士 伊東 哲也 (外2名)

## (54) 【発明の名称】 露光方法および装置

## (57) 【要約】

【課題】 焦点深度が厳しくなった世代においても高精度で高速な基板表面の位置や傾きを検出して補正する。

【解決手段】 基板を投影光学系の光軸と略直交する方向に沿って移動して該基板上の複数のショットを所定の露光位置に順次送り込むとともに、送り込まれる被露光ショットの被露光面の前記光軸方向に関する位置および傾きの少なくとも一方を移動中に計測し、該計測値に基づいて該被露光面を前記投影光学系の焦平面に合焦させた後、前記投影光学系を介して前記被露光面を露光するに際し、事前に、前記露光位置で計測した場合のチップ内段差に依存する計測誤差である第1のフォーカスオフセットを求めるとともに、前記ショットごとの、前記移動中に計測を行なうための計測点の相違や本体構造の変形に依存する計測誤差である第2のフォーカスオフセットを求めておき、露光シーケンスにおいては、被露光ショットごとの移動中計測における計測値を前記第2のフォーカスオフセットを用いて補正した結果により該被露光ショットの被露光面を前記焦平面に合焦させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板を投影光学系の光軸と略直交する方向に沿って移動して該基板上の複数のショットを所定の露光位置に順次送り込むとともに、送り込まれる被露光ショットの被露光面の前記光軸方向に関する位置および傾きの少なくとも一方を移動中に計測し、該計測値に基づいて該被露光面を前記投影光学系の焦平面に合焦させた後、前記投影光学系を介して前記被露光面を露光する露光方法において、

前記露光位置で前記被露光面の位置を計測した場合のチップ内段差に依存する計測誤差である第1のフォーカスオフセットを事前に求める段階と、

前記ショットごとの、前記移動中計測を行なうための計測点の相違や本体構造の変形に依存する計測誤差である第2のフォーカスオフセットを事前に求める段階と、露光シーケンスにおいて被露光ショットごとの移動中計測における計測値を前記第2のフォーカスオフセットを用いて補正した結果により該被露光ショットの被露光面を前記焦平面に合焦させる段階とを具備することを特徴とする露光方法。

【請求項2】 前記露光シーケンスにおける各被露光ショットごとの移動中計測の開始タイミングを前記送り込みのための移動中における被露光ショットの位置を基準に同期させることを特徴とする請求項1記載の露光方法。

【請求項3】 前記第2のフォーカスオフセットを用いて移動中計測点での計測値を補正した結果を用いて前記投影光学系の焦平面に合焦させる動作を行なった後でかつ露光開始の前の所定のタイミングにおいて合焦動作を完了した被露光面の位置の確認を焦平面基準で行なう段階と、確認結果を元に再度補正駆動を行なうか否かをジョブにより設定されたある閾値により残差を判断して決定する段階をさらに具備することを特徴とする請求項1記載の露光方法。

【請求項4】 基板を投影光学系の光軸と略直交する方向に沿って移動して該基板上の複数のショットを所定の露光位置に送り込むとともに、送り込まれる被露光ショットの被露光面の前記光軸方向に関する位置および傾きの少なくとも一方を前記移動中に計測し、該計測値に基づいて該被露光面を前記投影光学系の焦平面に合焦させた後、前記投影光学系を介して前記被露光面を露光する露光方法において、

前記露光位置で前記被露光面の位置を計測した場合のチップ内段差に依存する計測誤差である第1のフォーカスオフセットを事前に求める段階と、

前記移動中計測を行なうための計測点の相違に依存する計測誤差である第2のフォーカスオフセットを事前に求める段階と、

露光シーケンスにおいて被露光ショットごとの移動中計測における計測値を前記第2のフォーカスオフセットお

よび該移動中計測の際の本体構造の変形に伴う前記焦平面と被露光面との相対位置関係の情報をを用いて補正した結果により該被露光ショットの被露光面を前記焦平面に合焦させる段階とを具備することを特徴とする露光方法。

【請求項5】 前記本体構造の変形に伴う前記焦平面と被露光面との相対位置関係の情報を得る手段としてステージの姿勢のピッチング成分を測定することを特徴とする請求項4記載の露光方法。

10 【請求項6】 前記本体構造の変形に伴う露光像面と被露光面との相対位置関係の情報を得る手段として事前に測定したステップ方向に依存したピッチング量をテーブルとして保持することを特徴とする請求項4記載の露光方法。

【請求項7】 前記露光シーケンスにおける各被露光ショットごとの移動中計測の開始タイミングを前記送り込みのための移動中における被露光ショットの位置を基準に同期させることを特徴とする請求項4記載の露光方法。

20 【請求項8】 前記第2のフォーカスオフセットを用いて移動中計測点での計測値を補正した結果を用いて前記投影光学系の焦平面に合焦させる動作を行なった後でかつ露光開始の前の所定のタイミングにおいて合焦動作を完了した被露光面の位置の確認を焦平面基準で行なう段階と、確認結果を元に再度補正駆動を行なうか否かをジョブにより設定されたある閾値により残差を判断して決定する段階をさらに具備することを特徴とする請求項4記載の露光方法。

30 【請求項9】 基板を投影光学系の光軸と略直交する方向に沿って移動して該基板上の複数のショットを所定の露光位置に順次送り込むとともに、送り込まれる被露光ショットの被露光面の前記光軸方向に関する位置および傾きの少なくとも一方を移動中に計測し、該計測値に基づいて該被露光面を前記投影光学系の焦平面に合焦させた後、前記投影光学系を介して前記被露光面を露光する露光方法において、

前記露光位置で前記被露光面の位置を計測した場合のチップ内段差に依存する計測誤差である第1のフォーカスオフセットを事前に求める段階と、

40 同一の露光処理を施そうとする複数枚のウエハの1枚目のウエハについてショットごとに前記移動中計測を行ない、かつ前記露光位置に送り込んだ後、前記被露光面の位置計測を行なう段階と、

前記移動中計測による計測値と前記露光位置での計測値により前記ショットごとの、前記移動中計測を行なうための計測点の相違や本体構造の変形に依存する計測誤差である第2のフォーカスオフセットを求めて記憶する段階と、

50 2枚目以降のウエハについて、被露光ショットごとに移動中計測における計測値を前記第2のフォーカスオフセ

ットを用いて補正した結果により該被露光ショットの被露光面を前記焦平面に合焦させる段階とを具備することを特徴とする露光方法。

【請求項10】 2枚目以降のウエハについて、前記第2のフォーカスオフセットを用いて移動中計測点での計測値を補正した結果を用いて前記投影光学系の焦平面に合焦させる動作を行なった後、前記露光位置での計測を行なう段階と、該計測結果を元に前記第2のフォーカスオフセットを再計算する段階をさらに具備することを特徴とする請求項9記載の露光方法。

【請求項11】 2枚目以降のウエハについて、前記第2のフォーカスオフセットを用いて移動中計測点での計測値を補正した結果を用いて前記投影光学系の焦平面に合焦させる動作を行なった後、前記露光位置での計測を行なう段階と、該計測結果を元に前記露光面の位置を微調整する段階をさらに具備することを特徴とする請求項9記載の露光方法。

【請求項12】 原版に形成されたパターンを感光基板上に投影する投影光学系と、

前記基板を搭載して前記投影光学系の光軸と略直交する方向に沿って移動し該基板上の複数のショットを所定の露光位置に順次送り込むステージと、

前記露光位置における前記基板の被露光面の前記光軸方向に関する位置および傾きの少なくとも一方を計測するフォーカス計測手段と、

被露光ショットを前記露光位置へ送り込むためのステージ移動中の前記計測手段による計測値に基づいて前記被露光面を前記投影光学系の焦平面に合焦させる合焦手段と、

前記計測手段による前記露光位置でのチップ内段差に依存する計測誤差である第1のフォーカスオフセットを事前に求める手段と、

前記ショットごとの、前記移動中計測を行なうための計測点の相違や本体構造の変形に依存する計測誤差である第2のフォーカスオフセットを事前に求める手段と、露光シーケンスにおいて前記移動中計測による計測値を前記合焦手段に与える前に前記第2のフォーカスオフセットを用いて補正する補正手段とを具備することを特徴とする露光装置。

【請求項13】 前記フォーカス計測手段を用いて移動中計測を実施する場合の計測開始タイミングを、ステージ位置を基準に同期させることを特徴とする請求項12記載の露光装置。

【請求項14】 前記第2のフォーカスオフセットを用いて移動中計測点での計測値を補正した結果を用いて前記投影光学系の焦平面に合焦させる動作を行なった後でかつ露光開始の前の所定のタイミングにおいて合焦動作を完了した被露光面の位置の確認を焦平面基準で行ない、その確認結果を元に再度補正駆動を行なうか否かをジョブにより設定されたある閾値により残差を判断して

決定する手段をさらに具備することを特徴とする請求項12記載の露光装置。

【請求項15】 原版に形成されたパターンを感光基板上に投影する投影光学系と、

前記基板を搭載して前記投影光学系の光軸と略直交する方向に沿って移動し該基板上の複数のショットを所定の露光位置に順次送り込むステージと、

前記露光位置における前記基板の被露光面の前記光軸方向に関する位置および傾きの少なくとも一方を計測するフォーカス計測手段と、

被露光ショットを前記露光位置へ送り込むためのステージ移動中の前記計測手段による計測値に基づいて前記被露光面を前記投影光学系の焦平面に合焦させる合焦手段と、

前記計測手段による前記露光位置でのチップ内段差に依存する計測誤差である第1のフォーカスオフセットを事前に求める手段と、

前記移動中計測を行なうための計測点の相違に依存する計測誤差である第2のフォーカスオフセットを事前に求める手段と、

露光シーケンスにおいて前記移動中計測による計測値を前記合焦手段に与える前に前記第2のフォーカスオフセットおよび該移動中計測の際の本体構造の変形に伴う前記焦平面と被露光面との相対位置関係の情報をを用いて補正する補正手段とを具備することを特徴とする露光装置。

【請求項16】 前記ステージの姿勢のピッチング成分を測定することにより前記本体構造の変形に伴う前記焦平面と被露光面との相対位置関係の情報を得る手段をさらに具備することを特徴とする請求項15記載の露光装置。

【請求項17】 前記本体構造の変形に伴う前記焦平面と被露光面との相対位置関係として事前に測定したステップ方向に依存したピッチング量をテーブルとして保持していることを特徴とする請求項15記載の露光装置。

【請求項18】 前記フォーカス計測手段を用いて移動中計測を実施する場合の計測開始タイミングを、ステージ位置を基準に同期させることを特徴とする請求項15記載の露光装置。

【請求項19】 前記第2のフォーカスオフセットを用いて移動中計測点での計測値を補正した結果を用いて前記投影光学系の焦平面に合焦させる動作を行なった後でかつ露光開始の前の所定のタイミングにおいて合焦動作を完了した被露光面の位置の確認を焦平面基準で行ない、その確認結果を元に再度補正駆動を行なうか否かをジョブにより設定されたある閾値により残差を判断して決定する手段をさらに具備することを特徴とする請求項15記載の露光装置。

【請求項20】 請求項1～11のいずれかに記載の露光方法または請求項12～19のいずれかに記載の露光

装置を用いて製造したことを特徴とする半導体デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は露光装置に関し、特に露光装置における投影光学系の光軸方向に関する基板表面の位置や傾き（面位置）を検出する面位置検出技術に関する。

【0002】

【従来の技術】最近の半導体製造装置、特にステップと呼ばれる逐次移動型の半導体露光装置に強く求められている性能として生産性の向上がある。すなわちチップメーカはメモリトレンドに沿った集積率の増加に対してチップ代替に見合うメモリコストが提示できるようにチップ単価を抑えて行く必要がある。

【0003】露光装置メーカとしては高性能のみならず生産性向上に寄与できるような装置を提供しなければならない状況にあり、解像力・位置合わせ精度などの基本性能を備えた上で時間当たりの処理能力すなわちウエハ処理枚数を増加させることを要求されている。そのような中で現在生産現場で使用されている半導体露光装置のステップ時間を短縮する方法として、本出願人は特公平4-50731および特開平4-116414においてステップ中に基板表面の位置や傾きを検出して補正する方法を提案している。この方法を用いれば、露光位置に位置決めされたことを確認して位置や傾きを検出する従来の方法に比べると面位置補正の開始タイミングが早くなるために全体のステップ時間を短縮することが可能となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】現在に至るまで半導体製造のプロセス設計において露光装置の露光波長は配線ルールに沿って選択されてきている。すなわち0.35 $\mu$ mルールにはi-線ステッパー、0.25 $\mu$ mルールにはKrFステッパーという具合に、使用露光波長を解像線幅の限界として製造ラインが構築されてきており、おのずと焦点深度に関するバジェット（budget）も1.0 $\mu$ m程度を装置とプロセスで共有する状態が続いていた。ところが次世代0.18 $\mu$ mルールにおける露光技術としてKrFの露光装置を継続して採用していく方針が打ち出され目標として0.1 $\mu$ mルールの1G（ギガ）DRAMの量産までKrF光を延命しようという動きもある。それには位相シフトマスクや超解像などの微細化の技術開発に加えてCMP（chemical mechanical polish）の採用によるチップ内平坦度の向上が大きく寄与している。CMPを利用することによりトレンチ構造をとる場合のチップ段差は50nm程度に収まることが報告されており、従来の焦点深度を一気に減らした高NAのレンズを設計し波長以下の解像力を持たせることが可能となった。ところが一方では、高NA化に伴う焦点

深度の減少という課題に対してフォーカス・レベリングの補正精度の更なる改善が必要となって来ている。すなわちトレンチ構造では50nm程度であってもスタック構造をとるプロセスにおいては粗密差として最大0.3 $\mu$ m程度の段差を有する場合があります、ステップ中に基板表面の位置や傾きを検出して補正する従来の方法では、露光静止位置と移動中計測位置でのフォーカス計測位置の違いに起因する計測オフセット差が0.18 $\mu$ m世代における焦点深度の減少のなかではデフォーカスを発生させる1要因となる可能性がある。その様子を図17を用いて説明する。図17では後述する実施例の中で5点あるセンサの内ある1ヶ所のセンサに注目して計測位置とチップ内段差構造の対応について説明する。図17において移動中計測位置41ではメモリセル部分などの段差を有する部分の高さ42を測定しているが、露光位置に到達するとメモリセルと周辺回路部分との段差部分43に位置しその平均的な高さ44を測定することになる。従来は深度的に1.0 $\mu$ mが保証されていたためにリセスアレイ等の埋め込み処理を行なった後のこのような0.3 $\mu$ m程度のチップ内段差があってもバジェットの許容することができたが、最近の高NA化された露光装置における深度減少の状況の中ではこの差は無視できない量となってきている。すなわち深度が0.6 $\mu$ m程度に厳しくなった状況ではこの0.3 $\mu$ mの差分（露光位置のオフセット補正された基準位置に対して移動中計測点での計測値との差分）を計測値として意識して周辺回路とメモリセル部分の中間に設定すべきであるが、移動中計測値のままでは周辺回路部分への配分が少なくなってしまうという問題がある。またステージ移動中に計測する場合、本体構造体とステージとの結合が弱い場合には、ステージ減速区間からステージが静止するまでの間、傾斜方向の振動が残存する場合がある。この状況を図18を用いて説明する。図中横軸は1ショットのステップ時間に対応し、T0でステップ移動を開始し、TSにて移動中計測を開始し、T1にて計測値の安定を検出し、その最終計測値を用いて傾きと高さの調整を行ない、T2で露光位置の6軸方向の位置決めを完了し、露光を開始するという一連の処理の流れを、ウエハ上の5ヶ所（例えば図2のような計測点配置で投影レンズに対して固定の計測点）のフォーカス計測値の変化と対応させて示している。TS～T1の間すなわちステージ減速中のフォーカス計測値安定性確認区間での本体構造体の安定性は、前記結合の強さあるいは相対変動補正制御の制御性に依存しているが、最近では高速位置決めのために徐々に加減速の加速度が増大する傾向にあり、その結果として本体構造体そのものが変形を引き起こしウエハステージの姿勢が像面に対して相対的に傾斜する現象が見られる。具体的には急激な減速に伴いステージの姿勢自体が急ブレーキをかけた時の自動車の傾斜のごとくステップ方向に対して斜めに沈み込むような姿勢変形を起

10

20

30

40

50

こし、完全に静止するまでの間徐々にもとの水平に戻ると言う従来のバジェットでは振動分として管理されていた誤差が発生する。しかしながら最近の高NA化のトレンドの中でT1の安定検知のトレランスがいつそう厳しくなっており、その結果として計測値が安定するまで計測を繰り返すこととなりステップ時間の短縮が期待値より少なくなってしまうという現象が発生している。

【0005】本発明の目的は、このような従来技術の問題点に鑑み、焦点深度が厳しくなった世代においても高精度で高速な基板表面の位置や傾きを検出して補正する方法を持った露光装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段および作用】この目的を達成するため本発明の第1の局面では、基板を投影光学系の光軸と略直交する方向に沿って移動して該基板上の複数のショットを所定の露光位置に順次送り込むとともに、送り込まれる被露光ショットの被露光面の前記光軸方向に関する位置および傾きの少なくとも一方を移動中に計測し、該計測値に基づいて該被露光面を前記投影光学系の焦平面に合焦させた後、前記投影光学系を介して前記被露光面を露光するに際し、事前に、前記露光位置で計測した場合のチップ内段差に依存する計測誤差である第1のフォーカスオフセットを求めるとともに、前記ショットごとの、前記移動中計測を行なうための計測点の相違や本体構造の変形に依存する計測誤差である第2のフォーカスオフセットを求めておき、露光シーケンスにおいては、被露光ショットごとの移動中計測における計測値を前記第2のフォーカスオフセットを用いて補正した結果により該被露光ショットの被露光面を前記焦平面に合焦させるようにしている。

【0007】また、本発明の第2の局面では、基板を投影光学系の光軸と略直交する方向に沿って移動して該基板上の複数のショットを所定の露光位置に送り込むとともに、送り込まれる被露光ショットの被露光面の前記光軸方向に関する位置および傾きの少なくとも一方を前記移動中に計測し、該計測値に基づいて該被露光面を前記投影光学系の焦平面に合焦させた後、前記投影光学系を介して前記被露光面を露光するに際し、事前に、前記露光位置で計測した場合のチップ内段差に依存する計測誤差である第1のフォーカスオフセットを求めるとともに、前記移動中計測を行なうための計測点の相違に依存する計測誤差である第2のフォーカスオフセットを求めておき、露光シーケンスにおいては、被露光ショットごとの移動中計測における計測値を前記第2のフォーカスオフセットおよび該移動中計測の際の本体構造の変形に伴う前記焦平面と被露光面との相対位置関係の情報を用いて補正した結果により該被露光ショットの被露光面を前記焦平面に合焦させるようにしている。

【0008】本発明の第3の局面では、基板を投影光学系の光軸と略直交する方向に沿って移動して該基板上の

複数のショットを所定の露光位置に順次送り込むとともに、送り込まれる被露光ショットの被露光面の前記光軸方向に関する位置および傾きの少なくとも一方を移動中に計測し、該計測値に基づいて該被露光面を前記投影光学系の焦平面に合焦させた後、前記投影光学系を介して前記被露光面を露光する露光方法において、前記露光位置で前記被露光面の位置を計測した場合のチップ内段差に依存する計測誤差である第1のフォーカスオフセットを事前に求める段階と、同一の露光処理を施そうとする複数のウエハの1枚目のウエハについてショットごとに前記移動中計測を行ない、かつ前記露光位置に送り込んだ後、前記被露光面の位置計測を行なう段階と、前記移動中計測による計測値と前記露光位置での計測値により、前記ショットごとの、前記移動中計測を行なうための計測点の相違や本体構造の変形に依存する計測誤差である第2のフォーカスオフセットを求めて記憶する段階と、2枚目以降のウエハについて、被露光ショットごとに移動中計測における計測値を前記第2のフォーカスオフセットを用いて補正した結果により該被露光ショットの被露光面を前記焦平面に合焦させる段階とを具備することを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の好ましい実施の一形態では、ウエハを載置したまま投影光学系の光軸と略直交する方向に沿って移動して該ウエハの所定ショットを前記投影光学系の像面に送り込むステージと、前記ウエハの所定位置の前記光軸方向に関する位置および傾きの少なくとも一方を検出する検出器とを有し、該検出器による検出値に基づいて前記所定面を前記投影光学系の焦平面に合焦させる露光装置において、前記検出器による露光位置でのチップ内段差に依存する誤差（第1のフォーカスオフセット）を事前に求める手段と、移動中フォーカス計測を行なうための各ショットにおけるチップ内段差や本体構造の変形に依存する誤差（第2のフォーカスオフセット）を事前に求める手段とを有し、露光シーケンスにおける各ショットの移動中計測位置において前記第2のフォーカスオフセットを用いて移動中計測点での計測値を補正した結果により所定ショットを前記投影光学系の焦平面に合焦させることを特徴とする。これによれば移動中の再現性のあるオフセット変化を所定のタイミングでサンプルすることが可能となり、移動中の確実な位置でフォーカス補正を開始することが可能なため、従来の安定点を待つ方式に比べると確実にステップ時間を短縮することが可能となる。また、本露光装置では移動中計測に用いるフォーカス検出センサの計測開始タイミングをステージ位置と同期をとることを特徴としている。すなわち前記移動中フォーカス計測を行なう場合の各ショットにおけるチップ内段差や本体構造の変形に依存する誤差（第2のフォーカスオフセット）をタイミングズレ（位置、振動周期）を発生させることなく正確に

求めることが可能となる。さらに、本露光装置では移動中の計測値で補正を行なった後でかつ露光開始の前の所定のタイミングにおいてフォーカス補正完了位置の確認を像面基準で行なう構成とし、確認結果を元に再度補正駆動を行なうかを、ジョブにより設定されたある閾値により残差を判断して決定することを特徴とする。これにより工程の必要解像度に応じて精度と処理スピードの選択が可能となる。

【0010】本発明の好ましい実施の他の形態では、ウエハを載置したまま投影光学系の光軸と略直交する方向に沿って移動して該ウエハの所定ショットを前記投影光学系の像面に送り込むステージと、前記ウエハの所定位置の前記光軸方向に関する位置および傾きの少なくとも一方を検出する検出器とを有し、該検出器による検出値に基づいて前記所定面を前記投影光学系の焦平面に合焦させる露光装置において、前記検出器による露光位置でのチップ内段差に依存する誤差（第1のフォーカスオフセット）を事前に求める手段と、移動中フォーカス計測を行なうためのチップ内段差に依存する誤差（第2のフォーカスオフセット）を事前に求める段階とを有し、露光シーケンスにおける各ショットの移動中計測位置において前記第2のフォーカスオフセットと該移動中フォーカス計測の際の本体構造の変形に伴う露光像面と被露光面との相対位置関係の情報をを用いて移動中計測データを補正した結果により所定ショットを前記投影光学系の焦平面に合焦させることを特徴としている。本体構造の変形による姿勢変化分をショット毎に測定したり事前に測定したステップ方向別のオフセットとして管理することにより移動中計測値の補正に関して保持すべきオフセットの種類はステップの方向別管理のみとすることができる。また、本露光装置では移動中計測に用いるフォーカス検出センサの計測開始タイミングをステージ位置と同期をとることを特徴としている。すなわち前記移動中フォーカス計測を行なう場合の各ショットにおけるチップ内段差や本体構造の変形に依存する誤差（第2のフォーカスオフセット）をタイミングズレ（位置、振動周期）を発生させることなく正確に求めることが可能となる。さらに、本露光装置では移動中の計測値で補正を行なった後でかつ露光開始の前の所定のタイミングにおいてフォーカス補正完了位置の確認を像面基準で行なう構成とし、確認結果を元に再度補正駆動を行なうかを、ジョブにより設定されたある閾値により残差を判断して決定することを特徴とする。これにより工程の必要解像度に応じて精度と処理スピードの選択が可能となる。

【0011】本発明の好ましい実施の第3の形態では、ウエハ1枚目の処理を「ウエハステージの駆動－面位置検出1（移動中計測点）－停止－面位置検出2（露光位置計測点）－面位置調整－移動中計測点の計測オフセットの計算と記憶」の順序で行なう。ここでの面位置調整には面位置検出2の結果を使用する。露光位置計測に関

しては、従来の技術で計測オフセット（第1のフォーカスオフセットの）管理が可能なので正確に最適フォーカス設定面が検出でき、精度良く面位置を調整することができる。また、ショット領域内では最適フォーカス設定面は一樣なので、面位置検出1の検出値と最適フォーカス設定面との差を求めることで移動中計測点の計測オフセット（第2のフォーカスオフセット）を求めることができる。この移動中計測点の計測オフセットを各ショットで記憶し、ウエハ2枚目以降の処理で使用する。ウエハ2枚目以降の処理は、「ウエハステージの駆動－面位置の検出（移動中計測点）－面位置の調整と停止の動作」の順序で行なうが、移動中計測点の計測オフセットをウエハ1枚目で記憶しているので高精度に処理することができる。すなわち、移動中計測時にも正確に最適フォーカス設定面を検出でき、精度良く位置合わせする（合焦させる）ことができる。

【0012】また、上記の処理に加え、2枚目以降のウエハの被露光ショットの露光シーケンスにおいて、前記移動中計測に基づく位置合わせ後、前記露光位置計測点を使用して最適フォーカス設定面を正確に求め、それと前記投影光学系の焦平面（像面）との誤差を測定し、移動中計測点の計測オフセットを再計算し補正する。あるいは、2枚目以降のウエハの被露光ショットの露光シーケンスにおいて、前記移動中計測に基づく位置合わせ後、前記露光位置計測点を使用して最適フォーカス設定面を再検出し、前記移動中計測による計測値の誤差が所定値よりも大きい場合はこの再検出値を用いて前記位置合わせの微調整を行なう。前者の処理を追加することにより、ウエハの反りやステージ振動等、ランダムな外乱が生じた場合にも最適フォーカス設定面を像面に高精度に位置合わせすることができる。また、後者の処理を追加することにより、ステージ駆動中の振動のため移動中計測の精度が悪化しても、露光位置計測と同等の露光精度が保証される。

【0013】

【実施例】以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。

#### 実施例1

図1は本発明の一実施例に係る自動焦点合せ装置を備えた縮小投影露光装置の一部分の要部概略図である。図1において、1は縮小投影レンズであり、その光軸は図中AXで示している。縮小投影レンズ1はレチクル（不図示）の回路パターンを例えば1/5倍に縮小して投影し、その焦平面に回路パターン像を形成する。また、光軸AXは図中のz方向と平行な関係にある。2は表面にレジストを塗布したウエハであり、先の露光工程で互いに同じパターンが形成された多数個の被露光領域（ショット）が配列している。3はウエハを載置するウエハステージである。ウエハ2はウエハステージ3に吸着・固定されている。ウエハステージ3はx軸方向に動くxス

テージと、 $y$ 軸方向に動く $y$ ステージと、 $z$ 方向および各 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 軸方向に平行な軸のまわりに回転する $\theta$ ・レベリングステージで構成されている。また、 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 軸は互いに直交するように設定してある。従って、ウエハステージ3を駆動することにより、ウエハ2の表面の位置を縮小投影レンズ1の光軸AX方向および光軸AXに直交する平面に沿った方向に調整し、さらに焦平面、すなわち回路パターン像に対する傾きも調整している。図1における符番4～11はウエハ2の表面位置および傾きを検出するために設けた検出手段の各要素を示している。4は照明用光源、例えば発光ダイオード、半導体レーザなどの高輝度な光源である。5は照明用レンズである。光源4から射出した光は照明用レンズ5によって平行な光束となり、複数個（例えば5個）のピンホールを形成したマスク6を照明する。マスク6の各ピンホールを通過した複数個の光束は、結像レンズ7を経て折曲げミラー8に入射し、折曲げミラー8で方向を変えた後、ウエハ2の表面に入射している。ここで結像レンズ7と折曲げミラー8はウエハ2上にマスク6の複数個のピンホールの像を形成している。複数個のピンホールを通過した光束は、図2に示すようにウエハ2の被露光領域100の中央部を含む5ヶ所（71～75）を照射し、各々の箇所て反射される。すなわち、本実施例ではマスク6にピンホールを5組形成し、被露光領域100内で、後述するようにその中央部を含む5ヶ所の測定点（71～75）の位置を測定している。ウエハ2の各測定点（71～75）で反射した光束は折曲ミラー9により方向を変えた後、検出レンズ10を介して素子を二次元的に配置した位置検出素子11上に入射する。ここで検出レンズ10は結像レンズ7、折曲げミラー8、ウエハ2、折曲げミラー9と協働してマスク6のピンホールの像を位置検出素子11上に形成している。すなわちマスク6とウエハ2と位置検出素子11は互いに光学的に共役な位置にある。

【0014】図1では模式的に示してあるが、光学配置上困難な場合には位置検出素子11を各ピンホールに対応して複数個配置しても良い。位置検出素子11は二次元的なCCDなどから成り、複数個のピンホールを介した複数の光束の位置検出素子11の受光面への入射位置を各々独立に検知することが可能となっている。ウエハ2の縮小投影レンズ系1の光軸AX方向の位置の変化は、位置検出素子11上の複数の光束の入射位置のズレとして検出できるため、ウエハ2の被露光領域100内の5つの測定点（71～75）における、ウエハ表面の光軸AX方向の位置が、位置検出素子11からの出力信号として面位置検出装置14を介して制御装置13へ入力している。ウエハステージ3の $x$ 軸および $y$ 軸方向の変位はウエハステージ上に設けた基準ミラー15とレーザ干渉計17とを用いて周知の方法により測定し、ウエハステージ3の変位量を示す信号をレーザ干渉計17か

ら信号線を介して制御装置13へ入力している。またウエハステージ3の移動はステージ駆動装置12により制御される。ステージ駆動装置12は、信号線を介して制御装置13から指令信号を受け、この信号に応答してウエハステージ3をサーボ駆動している。ステージ駆動装置12は第1駆動手段と第2駆動手段を有し、第1駆動手段によりウエハ2の光軸AXと直交する面内における位置（ $x$ 、 $y$ ）と回転（ $\theta$ ）とを調整し、第2駆動手段によりウエハ2の光軸AX方向の位置（ $z$ ）と傾き

（ $\alpha$ 、 $\beta$ ）とを調整している。面位置検出装置14は位置検出素子11からの出力信号（面位置データ）を基に処理し、ウエハ2の表面の位置を検出する。そしてこの検出結果を制御装置13へ転送し所定の指令信号によりステージ駆動装置12の第2駆動手段が作動し、第2駆動手段がウエハ2の光軸AX方向の位置と傾きを調整する。

【0015】次に本実施例におけるフォーカス検出位置について説明する。本実施例では基本的に補正駆動量算出に用いる移動中計測点と、前記位置での計測値を露光位置での計測値と等価となるように補正することを主たる目的とするオフセット算出基準用の露光位置計測点とが設定される。最初に露光位置計測点を図2に示す。測定点71は被露光領域100のほぼ中央部にあり、露光位置では光軸AXと交わる。また、残りの測定点72～75は被露光領域100の周辺部にある。このように通常の露光位置計測点は、ウエハ内全ショットにおいて各センサが計測する部分が各々個別に各ショット同じチップの段差形状を測定しており、像面を基準平面とした場合の各センサにおける段差形状依存のオフセット値は各センサ毎に一意に決定される。従って、従来の露光位置における位置決め状態でチップの傾斜・高さ方向の位置を検出する場合、オフセットはショット毎に変更する必要はない。

【0016】次に移動中に計測する場合の移動中計測点の一例を図3に示す。図では光軸AXと交わる位置の測定点71の代わりに移動中は測定点81を測定している様子を示す。すなわち、ウエハは図中右から左にステップ移動しており、各測定点71～75は移動中に計測している位置がそれぞれ81～85というようにチップ上左の位置にシフトした位置を計測していることになる。

【0017】このようにステップ移動中に計測を行なう場合、チップとの相対位置において露光位置とは厳密には違う段差構造を持った表面を測定していることになる。これは、図4のような12ショットしか含まないショットレイアウトでさえ5種類（左、右、右上、左上、上）の異なる計測点を持つこととなり、最大で8種類の移動中計測点を持つこととなる。またこれに加えて前記移動中計測区間での本体構造体の変化はウエハ上のショット位置（ $x$ 、 $y$ ）とそのときの姿勢の変形（ $\alpha$ 、 $\beta$ ）との関係から毎回のステップ移動による姿勢変形が同じ



( $\alpha$ ,  $\beta$ ) としても中心からのショット位置とのかけ算で求まる  $z$  方向の変位分として各ショット異なる値となる。しかしながら、この本体変形は毎回の再現性が良いことが確認されているためにショット内段差に伴うオフセットと同様にショット毎のオフセットとして管理することが可能である。

【0018】図5のフローチャートを用いて本実施例の詳細な説明を行なう。まずS701にて不図示のウエハ供給手段によりパターン付きのウエハ2をウエハステージ3に供給し、S702にて不図示のアライメント機構によりウエハ2の光軸AXおよびウエハステージ3の基準配列に対する  $xy$  方向の位置ずれを計測し、ウエハ上に転写されたショット配列の格子に合わせてステップするための格子を算出して制御装置13に格納する。これにより露光位置における各ショットでの各フォーカスセンサ毎の段差形状依存によるオフセットが一意に決定できるようになる。露光位置における各フォーカスセンサの段差構造依存のフォーカスオフセットの測定方法は本出願人の特公平6-52707にあるように1枚目のウエハにて(S703) サンプルショットにおけるフォーカス計測(S704)を行なって面形状関数を算出し、露光位置におけるフォーカスオフセット(第1のフォーカスオフセット)を定数項  $C_i$  ( $i$  はフォーカス計測点ナンバ、本実施例では  $i=0\sim4$ ) として求める(S705) ことにより、各センサの露光位置における像面に対するオフセットを算出する。

【0019】引き続き移動中計測点の計測オフセットを測定する方法を同じく図5のフローチャートを用いて説明する。基本的な考え方は移動中計測点で求めた計測値を用いて算出された露光像面に対する被露光位置の傾きおよび高さのデータには前記露光位置での計測点(71~75)からシフトした位置(81~85)で測定していることに起因する計測誤差と、前記本体構造体の変形に伴う計測誤差の2種類のオフセットを含んでいることになり、その誤差を含んだ補正值(第1のフォーカスオフセット)で補正駆動を行なった後の露光位置でのフォーカス計測値にはその誤差がそのまま残差として計測できるという点を利用している。すなわちS706にて次ショットへのステップ移動を開始しS707にて移動中の所定計測点(すなわちステージのレーザ干渉計17のデータから判断される測定すべき点)に到達したことを判断してその位置における被露光位置の傾きおよび高さデータを算出し、そのデータを用いてウエハステージ3の第2の駆動手段を用いて補正駆動を行なう。この場合の測定すべき点での計測値はパターン位置および本体変形の変動モードの再現性が重要であるためにフォーカス検出系としてはその同時性を保証できるような構成、すなわち蓄積型の検出素子の場合検出すべき位置に同期して蓄積サイクルのリセットを行なうことが重要である。また多数回計測の平均を求める高速サンプリングの検出

方式を取る場合においても測定すべき位置との同時性を保証できるようにハード的なタイミング通知方式が必要である。その後S708にてウエハステージ3の第1、第2の駆動手段の位置決めが完了したことを確認し、S709にて露光位置におけるフォーカス計測を行ない、前記S705にて算出した露光位置における露光像面に対する第1のフォーカスオフセットの定数項( $C_i$ )を用いてデータ補正する。この補正後のデータが移動中計測点の計測データに含まれる前記2つの計測誤差量であり、これを移動計測点におけるフォーカスオフセット(第2のフォーカスオフセット)  $C_{ij}$  ( $j$ : ショットナンバ) として各ショット( $j$ ) 毎のデータとしてジョブ管理する。S710にて全ショット測定ループを管理して全ショットでの前記オフセット  $C_{ij}$  の測定を行なう。以上S706からS710のステップを通して各ショットでの移動中計測点の当該露光ショットの露光位置での露光像面に対する計測オフセットを各ショット個別のデータとして測定し、ジョブ管理する。このように移動中計測点での計測値に含まれるチップ段差および本体構造体の変形に依存した誤差分を事前計測し、ショット毎に管理を行なうことによって露光位置における補正精度を保証している。

【0020】引き続き図6を用いて各ショットの補正・露光のシーケンスを説明する。まずS801にて露光ショットへの移動を開始し、S802にて移動中の所定計測点(すなわちステージのレーザ干渉計17のデータから判断される測定すべき点)に到達したことを判断してフォーカス計測を行ない、その計測結果と前記  $C_{ij}$  を用いてその位置における被露光位置の傾きおよび高さデータを補正算出し、そのデータを用いてウエハステージ3の第2の駆動手段を用いて補正を行なう。このように移動中の所定計測点に到達した時点で直ちに計測、データ補正および駆動を行なうことができるために本出願人が特願平4-116414にて提案しているTS~T1の間での計測値の安定を受動的に待つ方式よりさらにステップ時間を短縮することが可能となる。続いてS803にて全6軸の位置決め完了確認を行なった後S804にて当該ショットを露光し、S805にて全ショットの処理の完了確認を行ない、全ショットの露光が完了するまでS801~S805のシーケンスを繰り返す。終了確認が完了するとS806にてウエハの搬出を行なう。

【0021】上記実施例ではパターン付きのウエハを例として主に説明したが1stマスク工程と呼ばれるパターンなしのウエハにおいても本実施例を適用して構造体の変形に依存する誤差成分を事前にオフセット計測しておくことにより移動中計測値に含まれる前記誤差分を補正することが可能であり、確実にステップ時間を短縮する効果を得ることができる。また上記実施例では移動中計測点で求めた計測値で補正駆動を行なった後の露光位置でのフォーカス計測値(残差)をフォーカスオフセッ

ト2として管理するようにしたが、移動中計測点では計測のみ行ない露光位置に到達した時点で再度フォーカス計測を行ない、その差分をフォーカスオフセット2としてショット管理しても同様の効果が得られる。

#### 【0022】実施例2

次に図7を用いて本発明の第2の実施例を説明する。図6のフローチャートの中でS802の傾き・高さの補正を行なった後、S803の位置決め完了確認までの間にフォーカスの計測を行なう点が実施例1と異なる点である。これは本実施例のシーケンスにおいては傾きおよび高さの補正すなわちウエハステージ3の第2の駆動手段の補正駆動を早い時点で開始できるため、露光に必要な6軸の位置決めに関しては前記ウエハステージ3の第1の駆動手段の補正に対して第2の駆動手段の補正の方が十分先に完了しており、またこの区間における第1駆動手段の位置決めすなわち水平方向のアライメントは既に1μm以下には追い込まれているために露光位置と全く同等のオフセットC<sub>i</sub>による計測が可能となる。すなわち従来は計測値の安定性を待っていたため第2駆動手段の補正タイミングを十分早くすることができなかったが、本実施例においては積極的にオフセット補正を行なって早めに補正駆動を開始することができるため、結果的にステップ時間を落とすことなく第2の駆動手段の補正結果を従来の駆動系につけられた駆動量検出センサによる確認に加えて、さらにフォーカス検出系として像面間の位置決めとして確認計測することができるようになった。すなわちS901～S902まではS801～S802と同等の処理を行ない、S903にて第2の所定位置計測点すなわち第2の位置決め完了が検知され、第1の位置決めは完了していないがC<sub>i</sub>を用いてフォーカス計測するには十分位置決めされている状態（例えば

$$NEW\_C_{ij} = (n \times NOW\_C_{ij} + OFS) / (n + 1)$$

但し、OFS：補正ショットで測定された最新オフセット

NOW\_C<sub>ij</sub>：現在のオフセット

NEW\_C<sub>ij</sub>：更新されたオフセット

n：移動平均の区間

#### 【0024】実施例3

移動中計測点のフォーカスオフセットをショット管理する実施例を説明してきたがこれを最低限のオフセット数で管理する方法を第3の実施例として以下に説明する。今まで説明してきたように移動中計測値に含まれるフォーカス計測値の誤差要因としてチップ内段差の影響が露光位置計測点と異なることに起因する誤差分と移動中の本体構造の変形に依存する誤差分とがある。前者のチップ内段差の影響は、ASICなどで1枚のウエハを複数のジョブすなわちマスクで作成する場合を除き各露光チップの構造はウエハ内一定であるために、ステップ方向を考えた場合上下左右の4方向に加えその間の斜め方向の4方向を加えた8方向を考慮したオフセット管理をす

第1の駆動手段の位置決めが1μm以内に入っている状態)での計測を行なう。ここで計測される誤差量はC<sub>i</sub>j誤差分として扱われるべき量であり先頭の1枚のウエハで求めたことに起因するロット差と考えることができる。この残差量に関しては非常に小さいことが期待されるため、その残差量を補正するのに要する時間を極小におさえることが可能となる。すなわちS903で求めたフォーカス計測値をC<sub>i</sub>を用いて補正計算する。S903ではその計測値がジョブで管理されるトレランスにより判定され、駆動すべき場合にはS905にて各補正計測値から最小2乗法により求めた面データから露光像面との差分を算出し、ウエハステージ3の第2の駆動手段を用いて最終的な補正駆動を行なう。その後S906にて全6軸の位置決め完了確認を行なった後、S907にて当該ショットを露光し、S908にて全ショットの処理の完了確認を行ない、全ショットの露光が完了するまでS901～S908のシーケンスを繰り返す。終了確認が完了するとS909にてウエハの搬出を行なう。S904のトレランスの設定は設定されたジョブすなわち工程毎の最小線幅から決定される焦点深度を考慮して解像力を最大限に発揮すべき工程ではフォーカスの計測再現性ギリギリの値を設定して確実に深度内に設定することができ、ミドルレイヤ等ではバジェット上許される範囲の値を設定することにより処理スピード重視のジョブを作成することができる。また、S903で算出されるC<sub>i</sub>j誤差分の値を用いて次のような計算をすることによりC<sub>i</sub>jのデータの信頼性を向上させることも可能である。

#### 【0023】

【数1】

れば良い。これは本出願人が特公平6-52707で提案している面形状関数の算出方法を露光位置のみから8方向に拡張することにより算出することが可能である。また後者の移動中の本体構造の変形に依存するオフセットは、露光像面すなわちフォーカスの計測面に対して被露光面が傾きを持つことに起因するものであり、ショットの位置rと前記傾斜量ωよりその位置での高さ方向のオフセット量をr×ωとして算出することができる。すなわち図8に示すように投影レンズ1およびフォーカスの検出系を固定する定盤18を基準位置とするレーザ干渉計17から基準ミラー15に対して鉛直方向2本のレーザを導光し、ウエハステージ3の露光像面に対する傾斜量をピッチング量ωとして計測すれば各ショット毎の

移動中の本体構造の変形に依存するオフセットを算出することが可能である。このような構成で図4のレイアウトでの移動計測点でのフォーカス計測時のステージピッチング量を測定した一例を図9に示す。図9の測定に当たり使用したウエハはbare-Siウエハと呼ばれるパターンを転写する前の鏡面ウエハを使用しているためここで検出される移動中計測点におけるフォーカス検出値に現れる計測値もこの本体構造体の変形に依存する成分だけとなり、傾斜量のフォーカス計測値としては図9に示されたレーザ干渉計のピッチング計測量と一致する。図4の右上のショットをスタート位置としてそこから図の矢印に沿ってx方向にステップする方法をとった場合にステップの移動方向により一定の傾斜となっているのが分かる。ここで測定された計測量にショット位置のx座標をかけた値が高さ方向の補正オフセットであり傾斜測定量がそのまま傾斜方向の補正オフセットとなる。図9ではx方向のみの説明となっているがy方向のピッチング測定も同様である。以上2つの誤差要因に対して方向管理のオフセットと本体変形を積極的に測定する方法をとれば、オフセットデータの格納に必要なメモリーも少なくなり、またオフセットの事前測定の時間も短縮することができる。

【0025】以下、図10のフローチャートを用いて露光位置におけるオフセットを基準とした8方向の移動中計測点のオフセットを求める方法を説明する。まずS1201にてパターン付きウエハを供給し、S1202にてフォーカス計測位置でのチップ構造の水平方向の再現性を保証するためにウエハのアライメント計測を行ないステップアンドリピートの配列格子を決定する。S1203でロットの1枚目であることを確認してまず特公平6-52707の方法に従って露光位置での各センサの

$$F_i = f_i - C_{ik}$$

(但し、 $i = 0 \sim 4$ 、 $k$  : ステップ方向に対応し  $0 \sim 7$  より選択)

となり補正後のデータで最小2乗平面を算出し露光エリアの像面に対する傾斜および高さ量を $x$ 、 $y$  (ppm)、 $z$  (nm)と算出する。ここで算出された傾斜および高さ量にはまだ本体構造体のピッチング方向の変形分が含まれているためにS1303においてS1302でフォーカス測定を行なったタイミングのステージ姿勢(ピッチング)データをピックアップし、フォーカス計測時に含まれる露光時の静定状態(水平状態)に対する変形量を算出する。すなわちx方向のピッチング量 $\alpha$ 、y方向のピッチング量 $\beta$ は基準ミラー15および不図示のy方向のミラーに当てているレーザ検出値の差のデータと前記ミラー上の各々2本のレーザビームのスパンから算出する。S1304にてS1302で得られたフォーカス検出系が測定した露光位置でのチップ傾斜予測値からS1303で得られたステージの相対姿勢変化に伴う誤差分を次のように補正計算することにより純粋なウ

露光像面に対するオフセット(第1のフォーカスオフセット) $C_i$  ( $i = 0 \sim 4$ 、フォーカス計測点)を算出する。次にS1206~S1208のフローにて各8方向の移動中計測点でのオフセット(第2のフォーカスオフセット) $C_{ik}$  ( $k = 0 \sim 7$ 、ステップ方向)を測定する。まずS1206にて例えば移動中計測点の左位置を測定する場合、S1204のサンプルショット計測点から左に移動中計測ポイント分例えば0.4mmシフトした位置を計測する。次にS1207ではS1206で求めたサンプルショットでの計測値から $C_i$ を基準とした差分の計測オフセット $C_{ik}$ を算出する。これは図17における計測位置の違いによるチップ内段差のオフセット分を算出することに相当している。S1208にて移動中計測点の各8方向のオフセット $C_{ik}$ の測定完了確認を行なって全方向のオフセット測定を完了する。ここで求められたオフセット $C_{ik}$ と本体変形に伴う誤差分の補正値を用いて移動中計測点で測定した計測値を補正し補正駆動を行なえば露光位置で測定し補正した場合と全く同じ補正駆動を行なうことができることになる。

【0026】引き続き図11を用いて図10で説明したオフセットを使用して各ショットの傾きおよび高さの補正駆動を行なう方法を説明する。まずS1301で露光すべきショットへ移動を開始しS1302にてオフセット $C_{ik}$ を測定したと同じ段差位置に相当する移動中計測点に到達したところでフォーカス計測を行ないステップ方向から判断して選択すべき $C_{ik}$ を用いて計測値をオフセット補正する。オフセット補正の方法としては各計測センサの移動中計測値を $f_i$  ( $i = 0 \sim 5$ )、補正後の計測値を $F_i$  ( $i = 0 \sim 4$ )とすると

【0027】

【数2】

エハの変形分すなわち調整すべき補正駆動量として算出し、補正駆動を行なうことができる。すなわち当該チップの測定位置を( $a$ ,  $b$ )とするとピッチング分( $\alpha$ ,  $\beta$  : 微小角)によるチップ位置の高さ変化 $\gamma$ は

【0028】

【数3】

$$\gamma = (a \times \alpha) + (b \times \beta)$$

となり最終的な補正駆動量( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ )は次のようになる。

【0029】

【数4】

$$X = x - \alpha$$

$$Y = y - \beta$$

$$Z = z - \gamma$$

【0030】S1305にて全6軸の位置決め完了確認

を行なった後S1306にて当該ショットを露光し、S1307にて全ショットの処理の完了確認を行ない、全ショットの露光が完了するまでS1301～S1307のシーケンスを繰り返す。終了確認が完了するとS1308にてウエハの搬出を行なう。

【0031】上記実施例3では本体構造体の変形分をレーザ干渉計により直接測定し移動中計測値を補正する方法をとったが、ピッチング測定値をそのままリアルタイムにステージの姿勢制御に使用し移動中のフォーカス計測時に検出されるピッチング残差量を最小にするような構成をとることによってさらに補正誤差を低減することができる。また上記実施例ではピッチング測定にレーザ干渉計を用いたが、ステージ定盤の底面に静電センサなどのギャップセンサを取り付けステージ自体のピッチング変動を測定するようにしても良い。

#### 【0032】実施例4

移動中計測点のフォーカスオフセットを測定位置の違いによるチップ内段差の影響分と本体構造体の変形分とに分離して計測管理する別の方法として本体構造体の変形分をテーブル管理する方法を以下説明する。ダイナミックに本体構造体の変形分をレーザ干渉計で測定する方法ではリアルタイムに補正することによって誤差量を絶対値として低減することが可能であるが、ピッチング計測のために干渉計の設備が2倍必要となり装置コストの上昇を招くため、COO (cost of ownership)の観点からは好ましくない場合がある。ここでは図9で説明したようにbare-Siウエハでフォーカス測定した移動中計測点での傾斜データの絶対量が装置固有のモードに依存しその再現性において十分オフセット処理に耐えうることを実験的に確かめている。この点を利用してbare-Siウエハでの測定を通して姿勢変形分のオフセットを全ショット移動中計測し各ステップ方向毎に統計処理することにより再確値を算出し、前記測定位置の違いによるチップ内段差の影響分をステップ方向別に管理したと同様に保持することにより、レーザ干渉計などを用いて独立に測定した場合と同様の効果を得ることができる。この場合の補正シーケンスでは図11のS1303で測定していた部分が、本実施例ではbare-Siで測定しステップ方向管理されたステージの傾斜分のオフセットテーブルから選択して得られる点のみが異なる。

【0033】また、第2の実施例の中で説明したウエハステージの位置決め完了確認と並列して傾斜および高さ方向の最終補正状態をフォーカス検出系から測定する方法を上記第3および第4の実施例に適用しても同様の効果が得られることは言うまでもない。

#### 【0034】実施例5

次に本発明の第5の実施例を説明する。本実施例は、図1の装置において第1の実施例の第2のフォーカスオフセットを事前に計測する代わりに、同一露光処理を行なうべきウエハの1枚目でまずステップ移動中に移動中先

読み計測（移動中計測）を行ない、次いでステップ移動終了後に露光位置計測を行なって、これらの計測値に基づいて第2のフォーカスオフセットを検出するようにしたものである。

【0035】まず、本実施例における2組の計測点、露光位置計測点と移動中先読み計測点について順を追って説明する。最初に露光位置計測点を図2に示す。測定点71は被露光領域100のほぼ中央部にあり、露光位置では光軸AXと交わる。また、残りの測定点72～75は被露光領域100の周辺部にある。次に移動中先読み計測点を図3に示す。破線の計測点71～75は露光位置計測点を示し、矢印はウエハに対する光軸AXの移動方向を示している。実線で示す計測点81～85は移動中先読み計測点で、露光位置計測点に対して光軸AXの移動方向とは逆方向にシフトした位置にある。シフト量には、移動中先読み計測後のステージ駆動中に最適フォーカス設定面とレンズ像面の傾き補正を終了するのに十分な量を設定する。本実施例ではシフト量を0.4mmとする。

【0036】次に露光位置計測点の計測オフセット（第1のフォーカスオフセット）F01～F05を図12に示す。同図において、102はパターン付の被露光領域を表わし、71～75は露光位置計測点を表わす。最適フォーカス設定面は全パターンがレンズの焦点深度内に収まるように設定する。

【0037】次に移動中先読み計測点の計測オフセット（第2のフォーカスオフセット）F11～F15を図13に示す。同図において、102はパターン付の被露光領域を表わし、71～75は露光位置計測点を表わし、81～85は移動中先読み計測点を表わす。最適フォーカス設定面は露光位置計測点の計測値とオフセットF01～F05から設定する。

【0038】次に移動中先読み計測点の計測オフセットF11～F15の求め方を図4に示す。同図において、71～75は露光位置計測点を表わし、81～85は移動中先読み計測点を表わす。矢印はステップアンドリピートを繰り返した時のウエハ上での光軸の軌跡を表わし（ショット100～102内は不図示）、露光位置計測点の計測オフセットF01～F05は予め求めてある。

【0039】まずステージを移動させながら計測点81～85で表面位置Z11～Z15を測定する。次に、露光位置でステージを停止させ計測点71～75で表面位置Z01～Z05を求める。そして表面位置Z01～Z05に計測オフセットF01～F05を加算し、最小自乗平面を計算することで最適フォーカス設定面を求める。この最適フォーカス設定面と表面位置Z11～Z15との距離から移動中先読み計測点の計測オフセットF11～F15を求める。

【0040】次に本実施例における2枚目以降のウエハ2の最適フォーカス設定面の検出方法について図1およ

び図4を用いて説明する。まず被露光ショット100の各測定点上にマスク6の各ピンホールの像が投影されるように、ウエハステージ3を目標位置間で移動させる。そして図1の検出手段(4~11)のセッティングを行ない、検出手段(4~11)により第1ショット内の5つの測定点81~85の面位置検出を行なう。そして位置検出素子11からの出力信号に基づいて面位置検出装置14で各測定点の表面位置データZ11~Z15を形成し、制御装置13へ情報を送る。制御装置13は、この5個の表面位置データZ11~Z15に計測オフセットF11~F15を加算し、最小自乗平面を計算することで最適フォーカス設定面を求める。なお、最小自乗平面zは

【0041】

【数5】

$$\sum_{i=1}^5 |z - (Z1i + F1i)|^2 = 0$$

を満たすものである。

【0042】制御装置13は上記算出結果に応じた指令信号をステージ駆動装置12へ入力し、ステージ駆動装置12によりウエハステージ3上のウエハ2の光軸AX方向の位置と傾きを調整(補正)している。これによって、被露光領域100の最適フォーカス設定面を縮小投影レンズ系1の最良結像面(焦平面)に位置付けている。そして、この面位置の調整終了後、第1被露光領域100を露光して回路パターン像の転写を行なう。

【0043】次にフローチャートを用いて本実施例の処理の流れを述べる。まず最初に図14を用いて全体の流れを示す。ウエハのロット処理において、S100で1枚目のウエハを用いて、露光位置計測点(71~75)で最適フォーカス設定面とレンズ像面の位置合わせを行なうのと同時に、移動中先読み計測点(81~85)の計測オフセット(F11~F15)を計測する。S200で移動中先読み計測点(81~85)にS100で求めた計測オフセット(F11~F15)を使って正確に最適フォーカス設定面を検出し、高速に位置合わせを行なう(2枚目以降のウエハ)。

【0044】次に図15を用いてS100の流れを詳しく示す。ステップS001でウエハキャリアから最初のウエハがウエハステージ3上へ搬入されウエハチャックに固定される。ステップS002で被露光ショットを制御装置13に設定する。ステップS003で被露光ショットの中心が、レンズ1の光軸AXの中心に来るようにウエハステージ3の駆動を開始する。ステップS004で被露光ショットの中心とレンズ1の光軸AXの中心とが所定の距離(例えば0.4mm)に来た時、測定点(81~85)を用い表面位置(Z11~Z15)を検出する。ステップS005でステージ駆動と平行して被露光ショット中心と光軸のAXの位置合わせを行なう。

ステップS006で測定点(71~75)を用い表面位置(Z01~Z05)を検出する。ステップS007で表面位置(Z01~Z05)に計測オフセット(F01~F05)を加算し最小自乗平面を計算することで、最適フォーカス設定面を求める。ステップS008で最適フォーカス設定面とレンズ像面が合致するようにステージ3を駆動し、露光する。

【0045】ステップS009で最適フォーカス設定面と計測点(81~85)の表面位置(Z11~Z15)の距離から移動中先読み計測点の計測オフセット(F11~F15)を求め、制御装置13に該被露光ショットのショットNo.と共に記憶する。ステップS010でもしも全てのショットで露光が終了していなければステップS002へ移行しステップS002~S009を繰り返す。ステップS011でウエハステージ3上からウエハを搬出しウエハキャリアに収納する。

【0046】次に図16を用いてS200の流れを詳しく示す。ステップS012でウエハキャリアから次のウエハがウエハステージ3上へ搬入されウエハチャックに固定される。ステップS013で被露光ショットを制御装置13に設定する。ステップS014で被露光ショットの中心が、レンズ1の光軸AXの中心に来るようにウエハステージ3の駆動を開始する。ステップS015で被露光ショットの中心とレンズ1の光軸AXの中心とが所定の距離に来た時、測定点(81~85)を用い表面位置(Z11~Z15)を求める。ステップS016で制御装置13から該被露光ショットのショットNo.と共に記憶された計測オフセット(F11~F15)を読み出して表面位置(Z11~Z15)に加算し最小自乗平面を計算することで、最適フォーカス設定面を求める。ステップS017でステージ駆動後、マスクと被露光ショットの位置合わせと最適フォーカス設定面とレンズ像面の位置合わせを同時に行ない、完了後露光する。ステップS018でもしも全てのショットで露光が終了していなければステップS013へ移行しステップS013~S017を繰り返す。ステップS019でウエハステージ3上からウエハを搬出しウエハキャリアに収納する。ステップS020でもしも全てのウエハの露光が終了していなければステップS012へ移行しステップS012~S019を繰り返す。

【0047】本実施例により、移動中先読み計測を行なう場合にも、最適フォーカス設定面とレンズ像面の位置合わせを高精度に行なうことが出来る。

#### 【0048】実施例6

第6の実施例として、第5の実施例の処理に加えて、被露光ショットの露光処理中に移動中先読み計測による最適フォーカス設定面の検出誤差B11~B15を測定し、該被露光ショットの計測オフセットF11~F15を更新することで、次ウエハの該被露光ショットの最適フォーカス設定面を高精度に検出する場合について図4

を使って述べる。本実施例では、被露光ショット102を移動中先読み計測点81～85で補正した後の露光処理中に露光位置計測点71～75で最適フォーカス設定面を検出し、この最適フォーカス設定面とレンズ像面のズレから該被露光ショットのフォーカス補正誤差B11～B15を測定し、制御装置13に記憶する。

$$F11(n+1) = F11(n) + B11(n) = F11(2) + \sum_{n=2}^n B11(i)$$

(F12～F15の式も同様)

算出した計測オフセットF11(n+1)～F15(n+1)は該被露光ショットのショットNo.と共に制御装置13に記憶し、ウエハn+1枚目の該被露光ショットの最適フォーカス設定面の検出に使用する。本実施例により、露光装置にランダムな外乱(ウエハの反り、ステージ振動)が生じた場合にも、正確に最適フォーカス設定面を検出でき、レンズ像面との位置合わせを高精度に行なうことが出来る。

#### 【0051】実施例7

第7の実施例として、第5の実施例に加えて、被露光ショットの露光中に最適フォーカス設定面を再検出し、フォーカスを再設定する場合について図4を使って述べる。

【0052】本実施例でも、まず第5の実施例に述べたように2枚目以降のウエハでは被露光ショットへのステージ移動中に移動中先読み計測点(81～85)で検出した最適フォーカス設定面とレンズ像面の位置合わせと、ステージの位置決め完了後、露光を開始する。加えて本実施例では、露光中に露光位置計測点(71～75)で最適フォーカス設定面を再検出し、最適フォーカス設定面とレンズ像面の位置合わせ(再補正)を行なう。

【0053】本実施例により、ステージ駆動中の振動等で移動中先読み計測の精度が一時的に悪化しても、露光への影響を最小限に抑えることができる。

#### 【0054】上記実施例の変形例

上述の実施例ではフォーカス検出センサとして2次元のCCDを用いて説明したが、これに限定されるものではなく例えば1次元CCDセンサを複数利用して多点の計測に対応することも可能であり、またフォトダイオードやPSDなどのアナログセンサを使用する場合にも上述の実施例と同様にオフセット管理をショット単位独立に行なうことにより同様の効果を得ることができる。さらにステージ位置の同期をとる方法においてもハード的なタイミング電送ラインを独立に設けタイミング管理をしても良いし、通信コマンドを使用する場合には最短でタイミングが伝達できるような割り込みを使用して実現することも可能である。またタイミングの同期をとり計測センサの開始タイミングをリセットする方法としてCCDなどの蓄積型のセンサの場合リセットタイミングを同

【0049】次にウエハn枚目の該ショットのフォーカス補正誤差B11(n)～B15(n)からウエハn+1枚目の該被露光ショットの計測オフセットF11(n+1)～F15(n+1)を算出する例を次式に示す。

【0050】

【数6】

期コマンドと同時にリセットするようにロジックを組むこともできるし、フォトダイオードなどのアナログセンサを用いる場合には同期コマンドに同期してA/Dコンバータのタイミングを管理するようにしても良い。

#### 【0055】デバイス生産方法の実施例

次に上記説明した露光装置または露光方法を利用したデバイスの生産方法の実施例を説明する。図19は微小デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造のフローを示す。ステップ1(回路設計)ではデバイスのパターン設計を行なう。ステップ2(マスク製作)では設計したパターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3(ウエハ製造)ではシリコンやガラス等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4(ウエハプロセス)は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5(組み立て)は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップ6(検査)ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ7)される。

【0056】図20は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11(酸化)ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13(電極形成)ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14(イオン打込み)ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17(現像)では露光したウエハを現像する。ステップ18(エッチング)では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施例の生産方

法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度のデバイスを低コストに製造することができる。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば移動中計測値を用いた露光位置の像面に対する傾きや高さ方向の算出を行なう場合においても正確に求めることが可能であるとともに、積極的に移動中の計測値を補正して使用するため、従来より大幅にステップ時間を短縮することが可能である。またフォーカスの最終補正状態に関してステップ時間を延ばすことなく確認できるタイミングを作ることにより、今後の高NA化された露光装置における微細パターンの転写において確実かつ迅速に処理を行なうことができるという優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に関わるステップアンドリピート方式の縮小投影露光装置の部分的概略図である。

【図2】 上記実施例において被露光領域中に設定した露光位置測定点の配置を示す説明図である。

【図3】 上記実施例において被露光領域中に設定した移動中計測点の配置を示す説明図である。

【図4】 ウエハ上にレイアウトされた露光位置と各測定位置の対応およびショット間のステップ移動の様子を説明する説明図である。

【図5】 図1の装置による各ショット移動中計測点のフォーカスオフセットの測定シーケンスの一例を示すフローチャートである。

【図6】 図1の装置による各ショット移動中計測点での計測値を用いた合焦動作の一例を示すフローチャートである。

【図7】 図1の装置による各ショット移動中計測点での計測値を用いた合焦動作の他の例を示すフローチャートである。

【図8】 本発明の他の実施例に関わるステップアンドリピート方式の縮小投影露光装置の部分的概略図である。

【図9】 ウエハステージのステップ移動中の所定計測位置でのx方向傾斜量（ピッチング）を測定例を示すグラフである。

【図10】 図8の装置による各ショット移動中計測点のフォーカスオフセットの測定シーケンスの一例を示すフローチャートである。

【図11】 図8の装置による各ショット移動中計測点での計測値を用いた合焦動作の一例を示すフローチャートである。

【図12】 被露光ショットと最適フォーカス設定面と露光位置計測点の計測オフセットとの関係を示す図である。

10 【図13】 被露光ショットと最適フォーカス設定面と移動中先読み計測点の計測オフセットとの関係を示す図である。

【図14】 本発明の第5の実施例に係る面位置検出法を用いた面位置調整動作の一例を示すフローチャートである。

【図15】 図14のフローチャートにおける1枚目のウエハに関する動作を示すフローチャートである。

【図16】 図14のフローチャートにおける2枚目以降のウエハに関する動作を示すフローチャートである。

20 【図17】 露光位置測定点と移動中測定点におけるフォーカス検出位置の違いを説明するウエハ断面図である。

【図18】 ウエハステージの移動中の各フォーカス測定点の測定値変化の一例を示すグラフである。

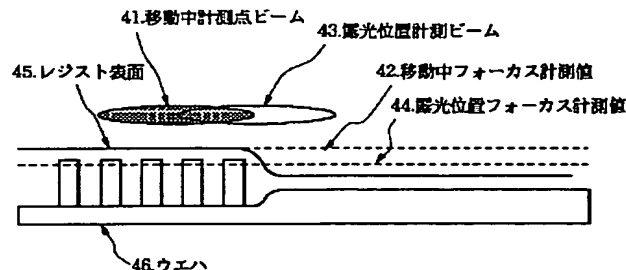
【図19】 微小デバイスの製造の流れを示す図である。

【図20】 図19におけるウエハプロセスの詳細な流れを示す図である。

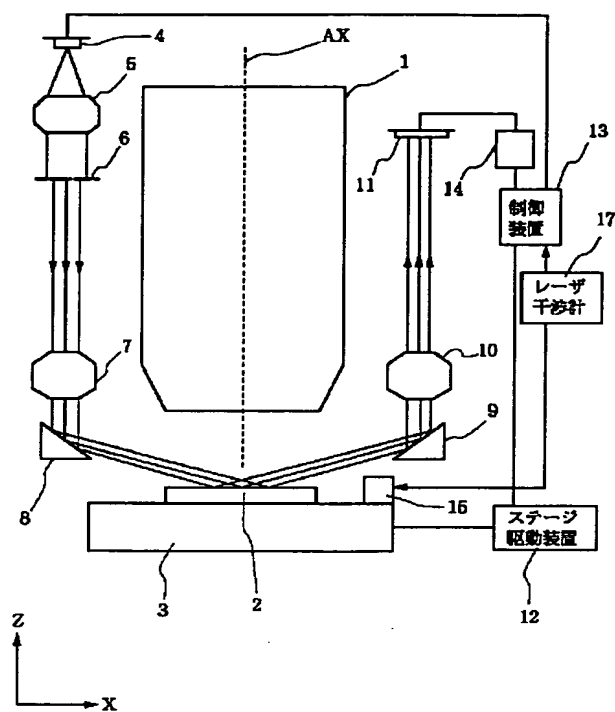
【符号の説明】

1：縮小投影レンズ、2：ウエハ、3：ウエハステージ、4：高輝度光源、5：照明用レンズ、6：ピンホールを持つマスク、7、10：結像レンズ、8、9：折り曲げミラー、11：2次元検出素子、12：ステージ駆動装置、13：制御装置、14：面位置検出装置、71～75：露光位置測定点、81～85：移動中計測点、100～102：被露光領域（ショット）、F01～F05：露光位置計測点の計測オフセット、F11～F15：移動中先読み計測点の計測オフセット。

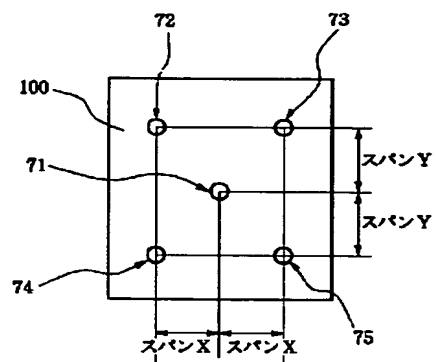
【図17】



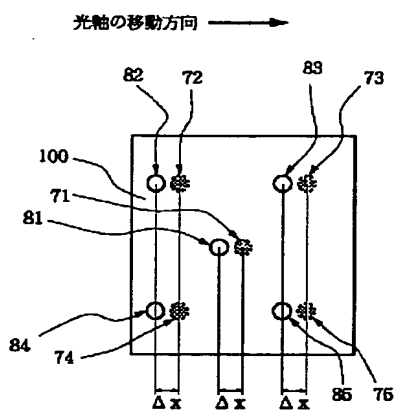
【図1】



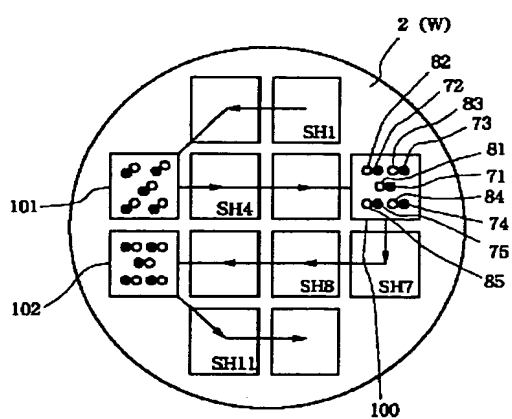
【図2】



【図3】

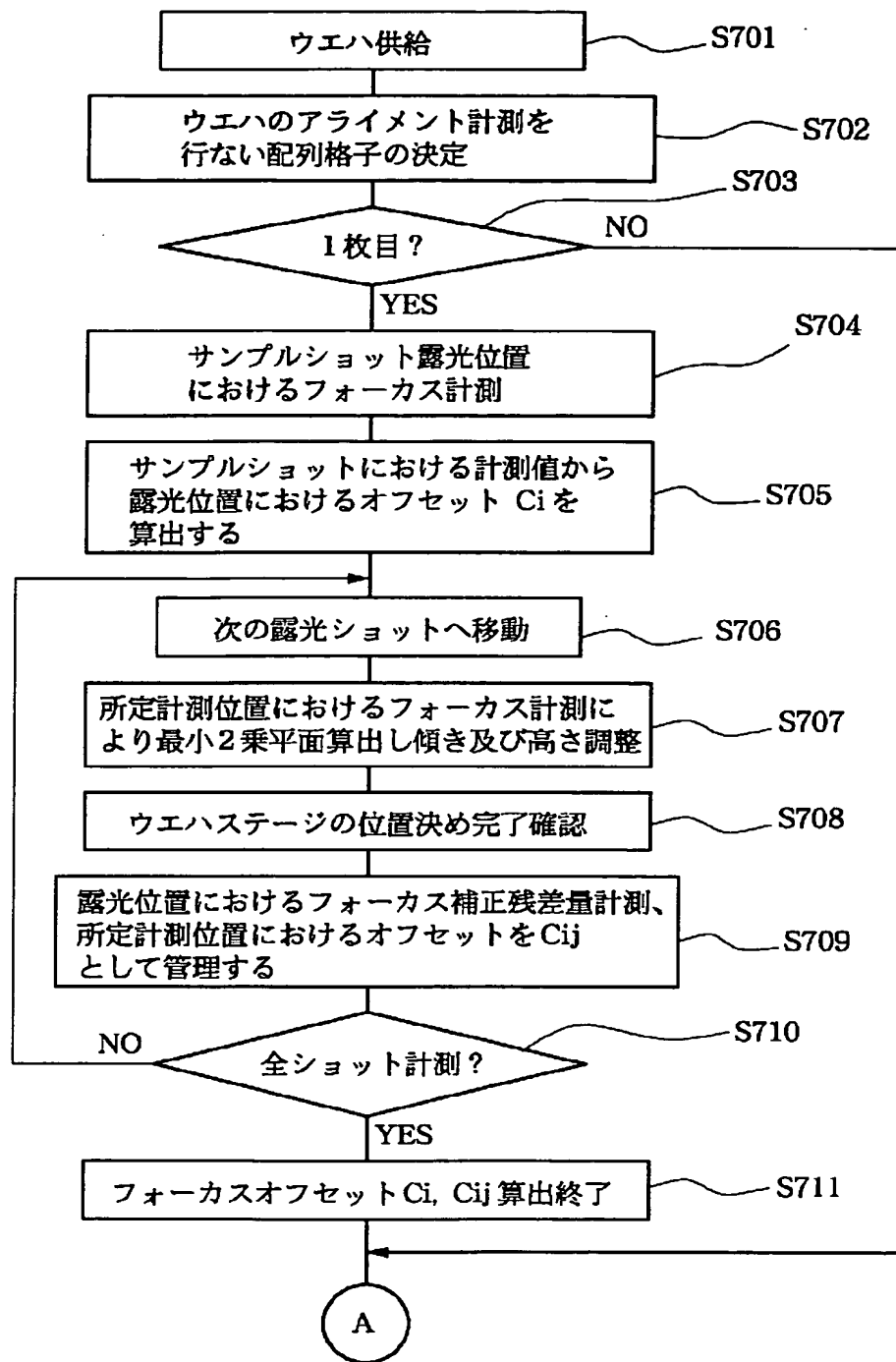


【図4】



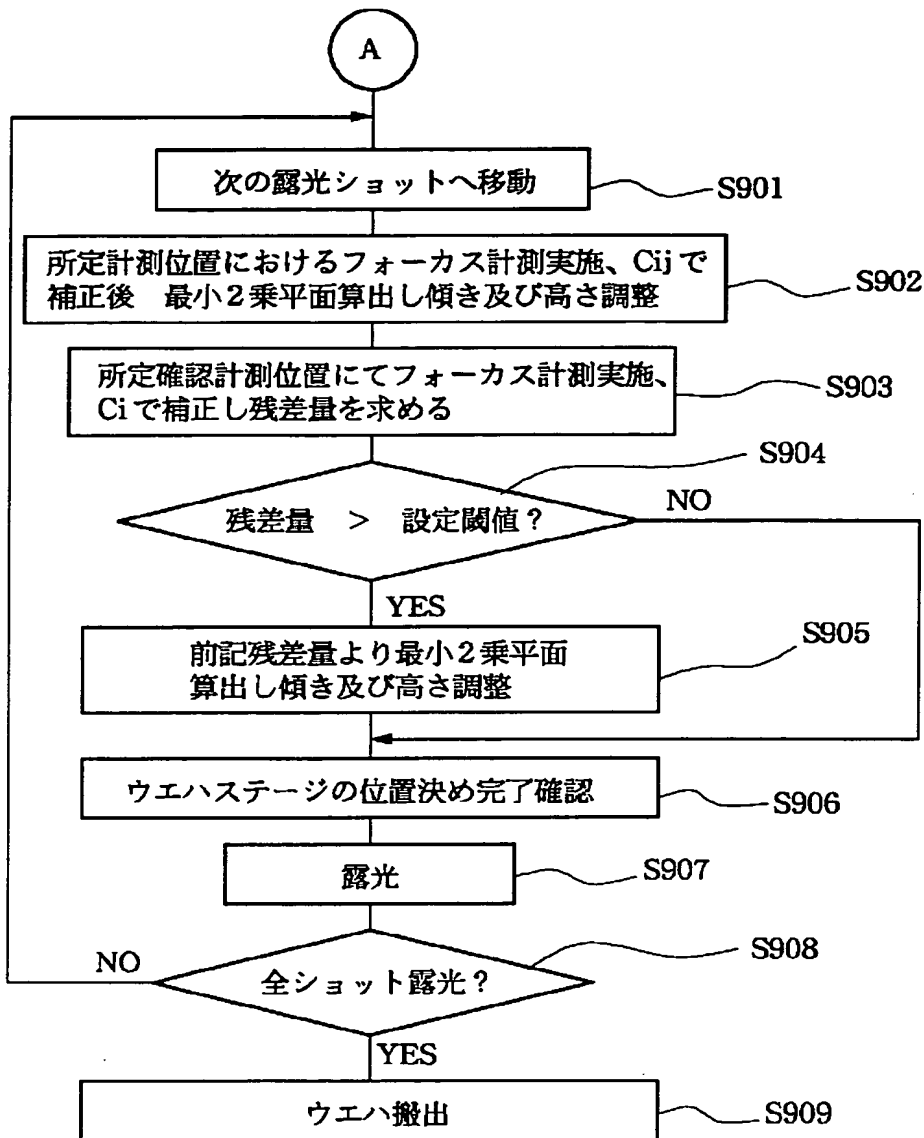


【図5】

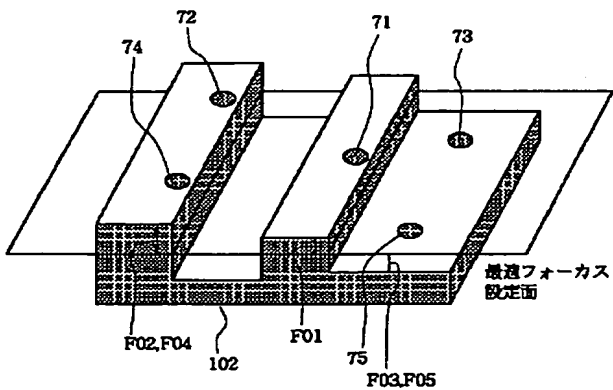




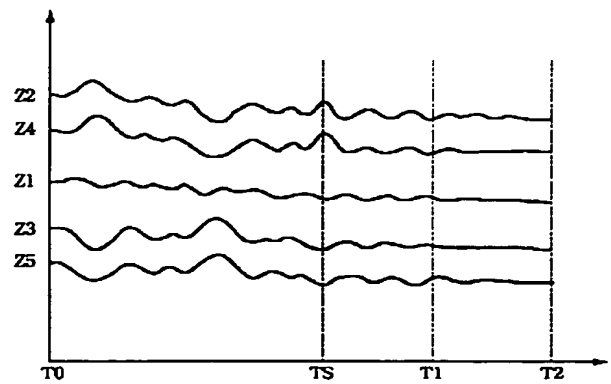
【図7】



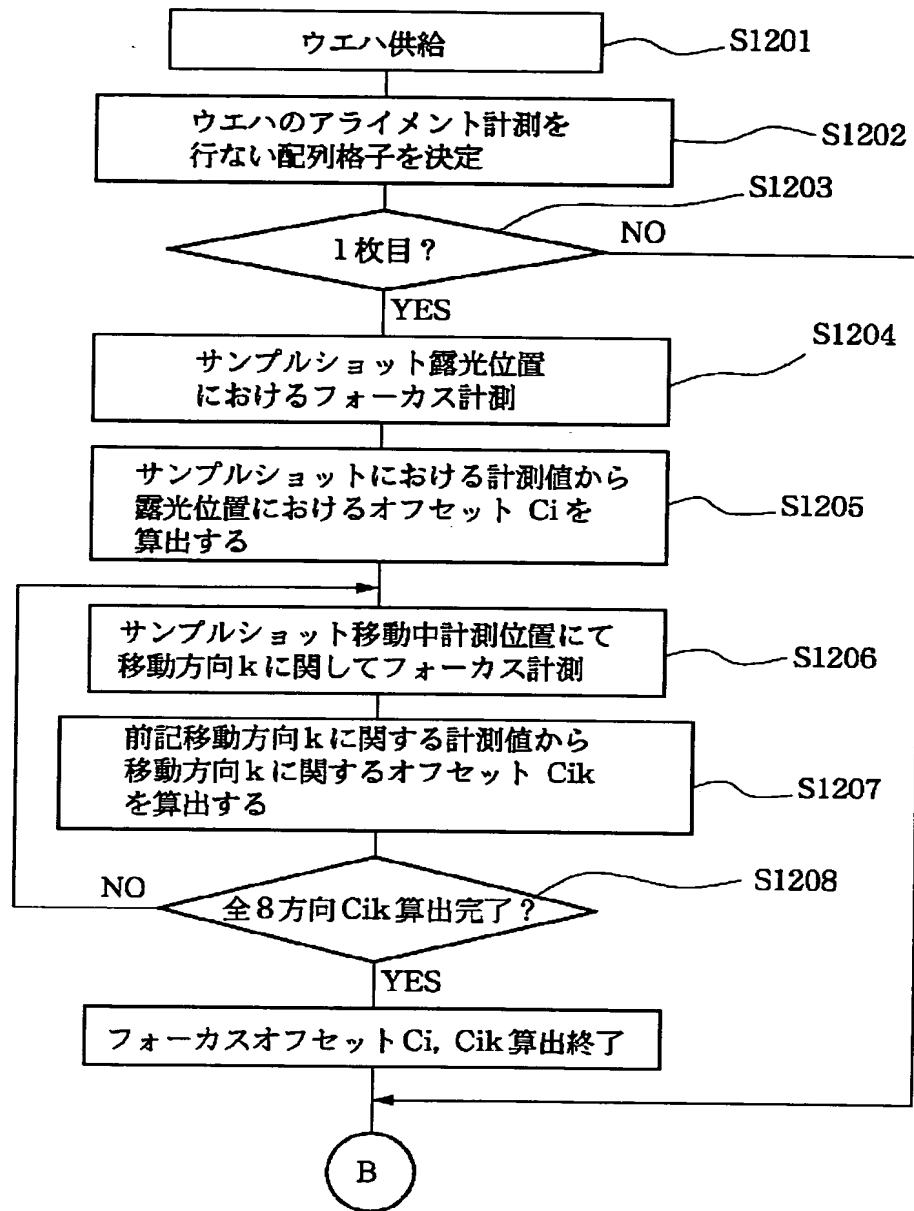
【図12】



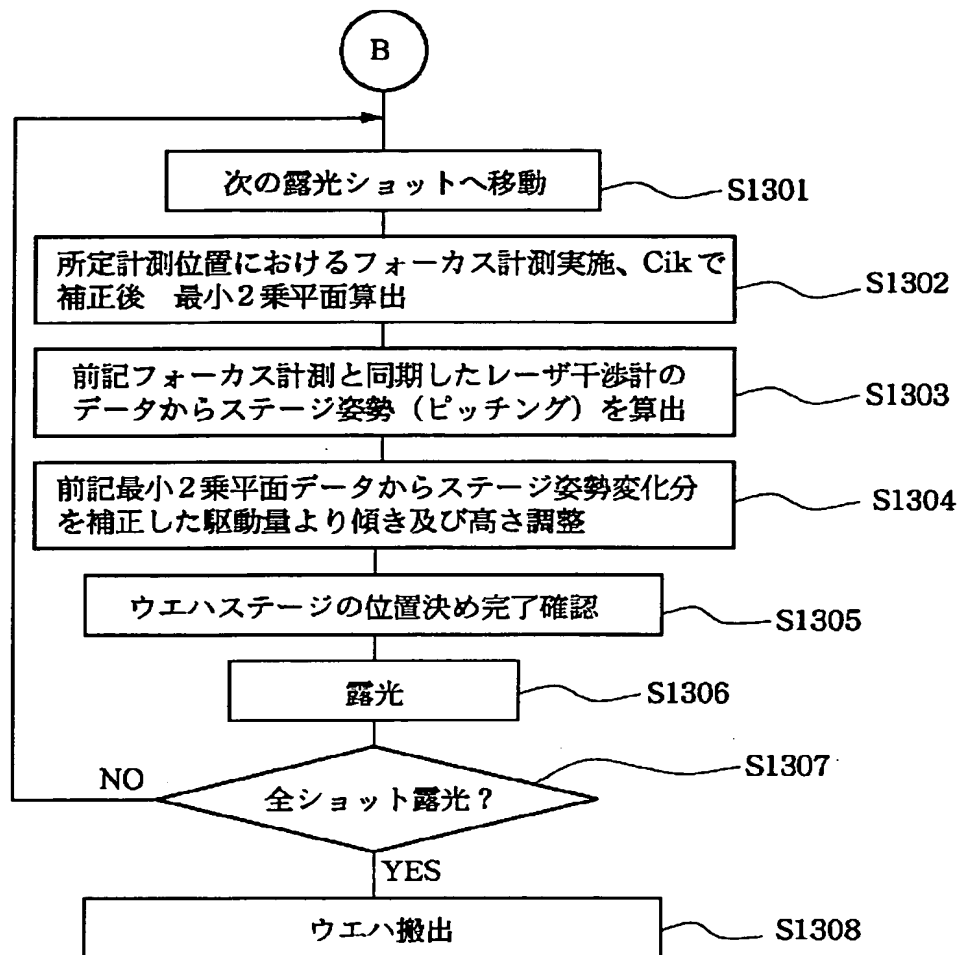
【図18】



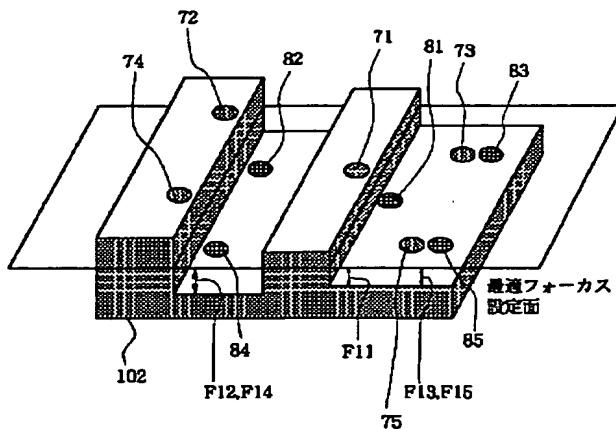
【図10】



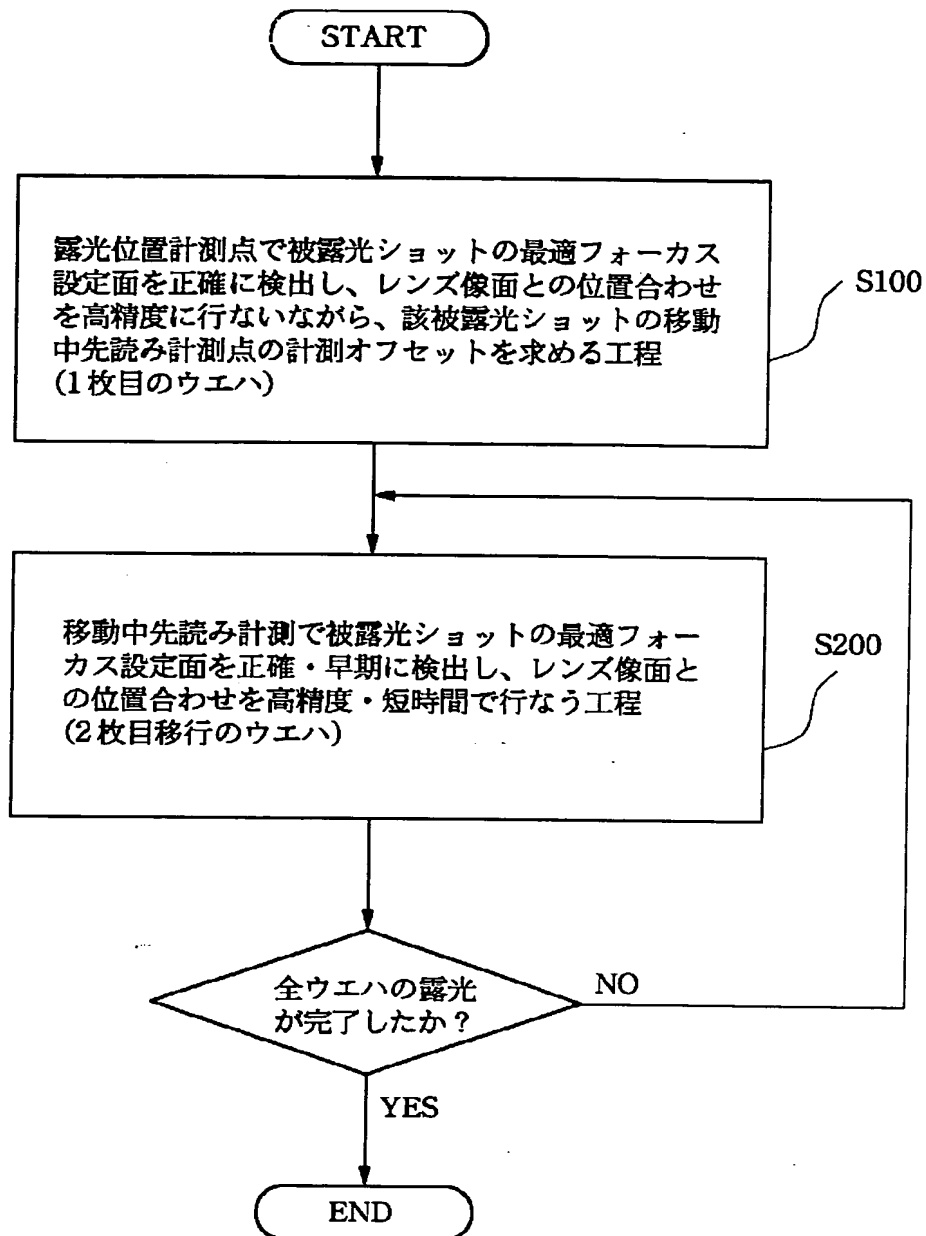
【図11】



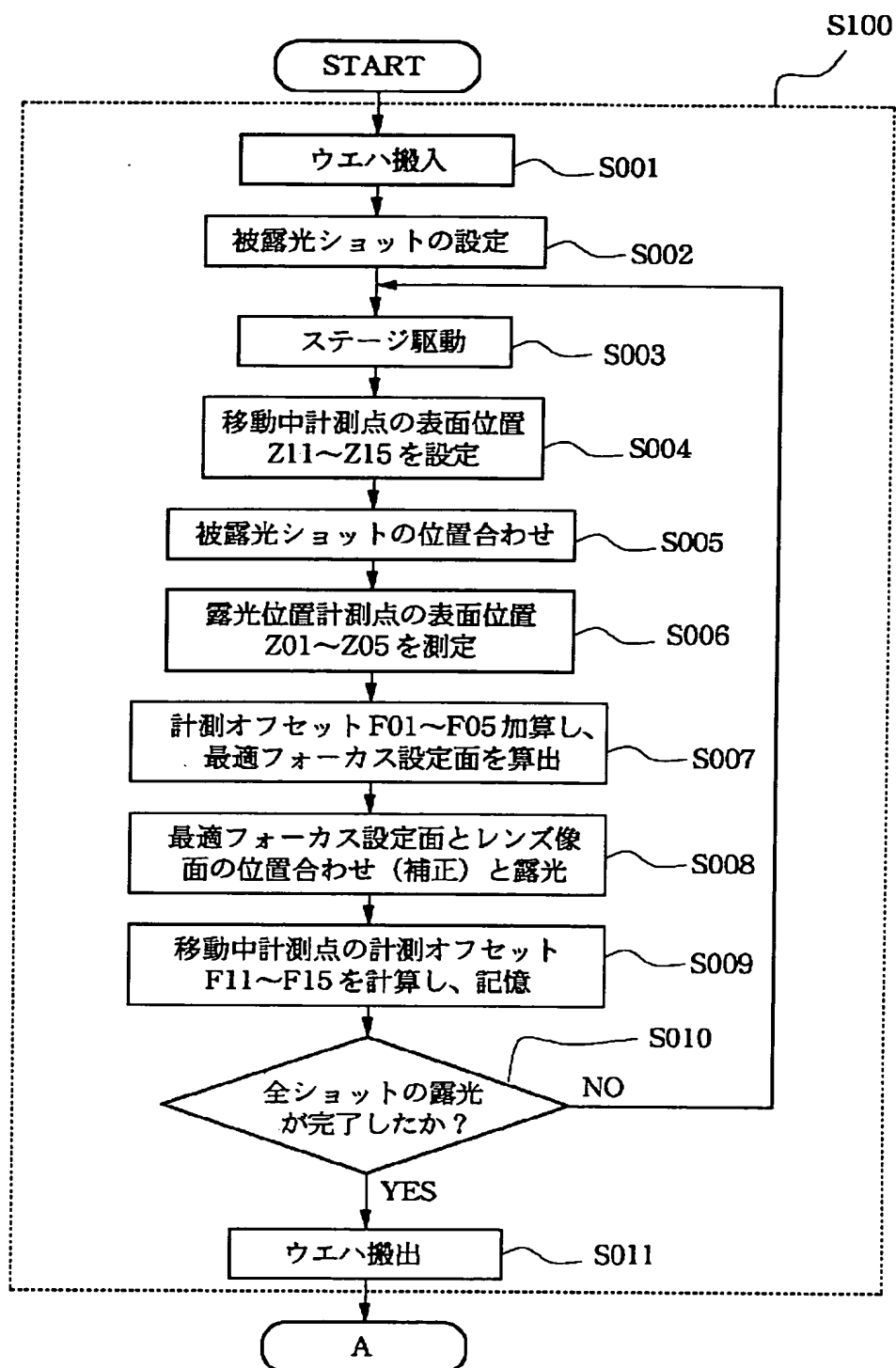
【図13】



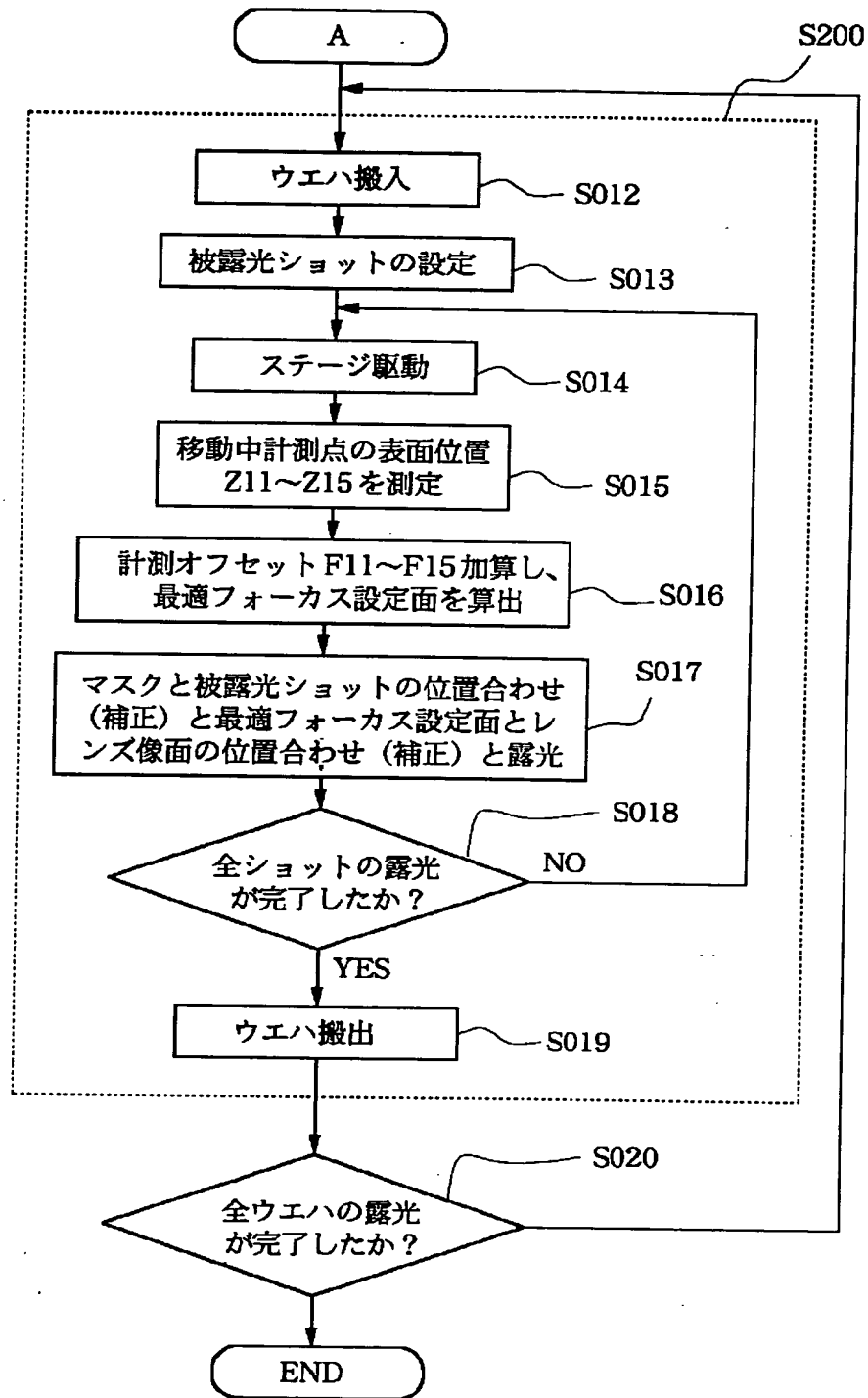
【図14】



【図15】

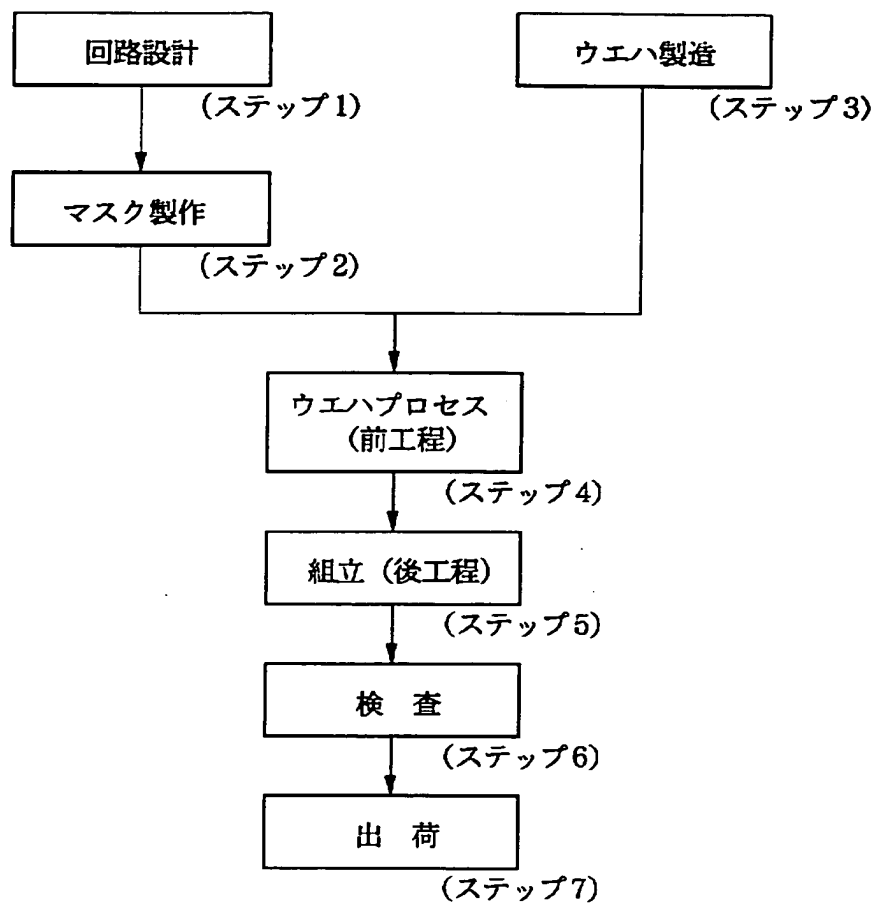


【図16】



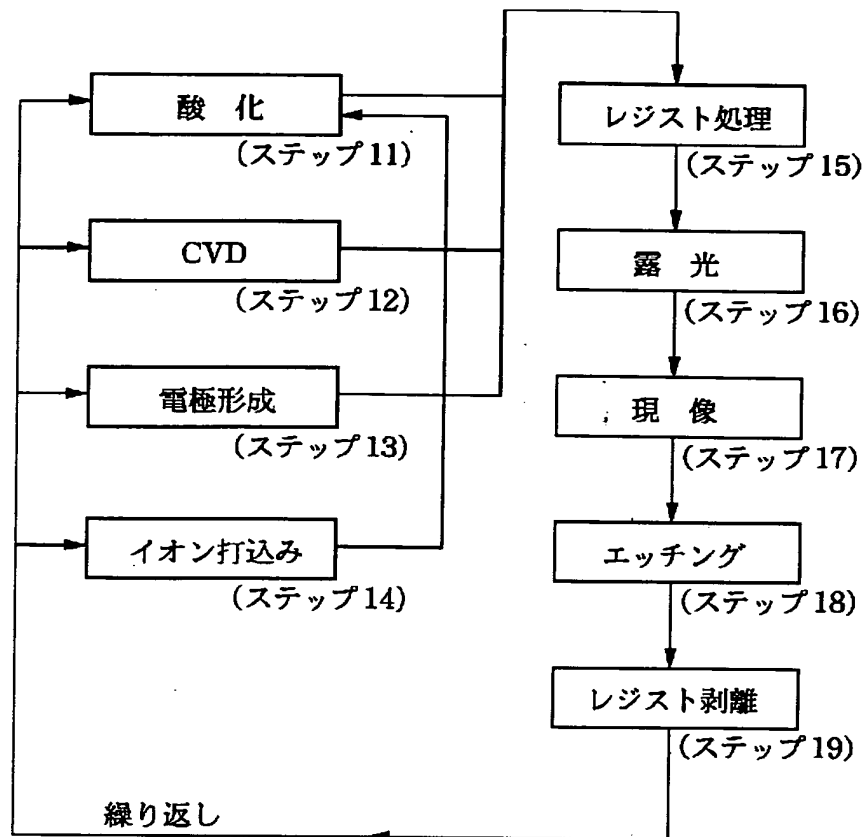


【図19】



半導体デバイス製造フロー

【図20】



ウエハプロセス